

Setting of sensors for vehicle on-board navigation system, for computing position, course angle and speed

Patent Number: DE19812426

Publication date: 1999-09-23

Inventor(s): MANGOLD ULRICH (DE)

Applicant(s): VALEO ELECTRONICS GMBH & CO KG (DE)

Requested Patent: ☐ DE19812426

Application Number: DE19981012426 19980320

Priority Number(s): DE19981012426 19980320

IPC Classification: G01C21/12; G01C19/58; G01P3/80; G01S13/60; G08G1/0968

EC Classification: G01C21/16A

Equivalents:

Abstract

The method involves inputting system parameters from a reference navigation system to a filter module to determine correction values. The parameters of both systems are separated into at least two vectors. The speed vector of the on-board system is input into a filter module to calibrate the sensors. The method involves inputting system parameters from an independent navigation system (1) to a filter module to determine correction values for the system parameters and for parameters of an error model in an on-board navigation system. The system parameters from both navigation systems are separated into at least two vectors, each of which is fed to its own filter module. The on-board system determines the speed vector in the reference coordinate system and inputs speed components from an independent navigation system to a first filter module to calibrate the on-board speed and acceleration sensors.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Off nl gungsschrift
10 DE 198 12 426 A 1

21 Aktenzeichen: 198 12 426.0
22 Anmeldetag: 20. 3. 98
43 Offenlegungstag: 23. 9. 99

51 Int. Cl.⁶:
G 01 C 21/12
G 01 C 19/58
G 01 P 3/80
G 01 S 13/60
G 08 G 1/0968

DE 198 12 426 A 1

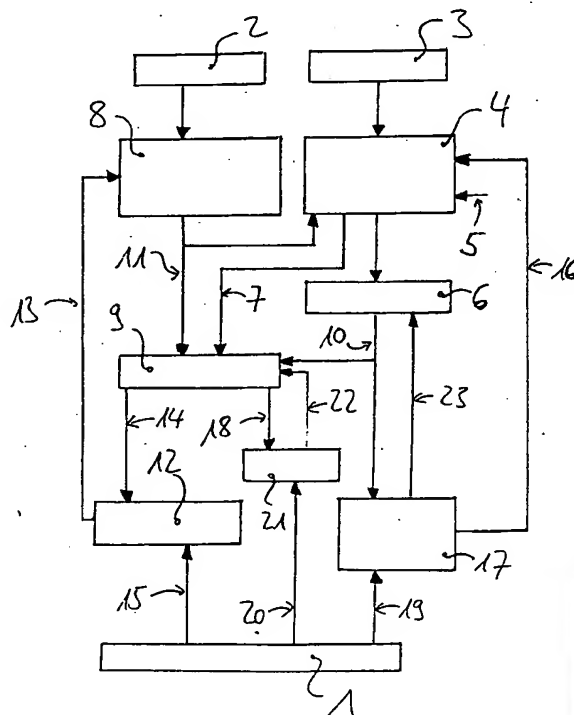
71 Anmelder:
Valeo Electronics GmbH & Co. KG, 75196
Remchingen, DE
74 Vertreter:
Cohausz Hannig Dawidowicz & Partner, 40237
Düsseldorf

72 Erfinder:
Mangold, Ulrich, 79117 Freiburg, DE
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
DE 196 51 543 C1
DE 196 15 248 A1
DE 195 36 601 A1
DE 39 25 831 A1
WO 96 08 730 A1
SCHLEMPER, Eberhard, u.a.: Bordautonomer
Doppler-Navigator für Hubschrauber. In:
ntz, Bd.36, 1983, H.3, S.148-154;
Autonavigation ohne Tachokopplung. In:
Elektor, 12/97, S.13,14;
JP 61-247916 A., In: Patents Abstracts of Japan,
P-560, March 26, 1987, Vol.11, No. 97;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Einstellung von Sensoren mit dem Geschwindigkeitsvektor

57 Verfahren zur Berechnung der Systemgrößen Ort, Kurswinkel und Geschwindigkeit eines Fahrzeuges mittels eines unabhängigen Navigationssystems sowie eines bordeigenen Navigationssystems, wobei das bordeigene Navigationssystem einen Geschwindigkeitssensor und einen Beschleunigungssensor, insbesondere ein inertiales Kreiselssystem, aufweist und wobei die von beiden Navigationssystemen ermittelten Systemgrößen einem Filtermodul zugeführt werden, das Korrekturwerte für die Systemgrößen und Korrekturwerte für die Parameter der Fehlermodelle des bordeigenen Navigationssystems ermittelt, wobei die von beiden Navigationssystemen ermittelten Systemgrößen in mindestens zwei Vektoren getrennt werden und jeder Vektor einem eigenen Filtermodul zugeführt wird und wobei das bordeigene Navigationssystem den Geschwindigkeitsvektor im Referenzkoordinatensystem ermittelt und dieser zusammen mit den vom unabhängigen Navigationssystem ermittelten Geschwindigkeitskomponenten einem ersten Filtermodul zur Kalibration des bordautonomen Geschwindigkeitssensors zugeführt werden.



DE 198 12 426 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Berechnung der Systemgrößen Ort, Kurswinkel und Geschwindigkeit eines Fahrzeuges mittels eines unabhängigen Navigationssystems sowie eines bordeigenen Navigationssystems, wobei das bordeigene Navigationssystem einen Geschwindigkeitssensor und einen Beschleunigungssensor, insbesondere ein inertiales Kreiselssystem, aufweist und wobei die von beiden Navigationssystemen ermittelten Systemgrößen einem Filtermodul zugeführt werden, das Korrekturwerte für die Systemgrößen und Korrekturwerte für die Parameter der Fehlermodelle des bordeigenen Navigationssystems ermittelt.

Es ist bekannt, Fahrzeuge zu Land, zu Wasser und in der Luft mit Navigationssystemen auszurüsten, wobei zwischen bordeigenen Koppel-Navigationssystemen und unabhängigen Navigationssystemen, wie satelliten- oder funkgestützten Systemen zu unterscheiden ist. Während die bordeigenen Systeme ihre Systemgrößen anhand der Änderung von Meßwerten im fahrzeugfesten Bezugssystem ermitteln und die Änderungen zur aktuellen Größe integrieren (koppeln), liefern die unabhängigen Navigationssysteme einen Satz von Navigationsdaten u. a. Systemgrößen aufgrund von empfangenen Signalen, die im Referenzsystem ausgesendet werden. Beiden Arten von Navigationssystemen sind systembedingte Ungenauigkeiten der Ergebnisse immanent.

Um die Genauigkeit der ermittelten Systemgrößen zu verbessern ist es bekannt, jeweils ein Navigationssystem der ersten Art mit einem der zweiten Art zu kombinieren. So können z. B. die von einem Koppelnavigationssystem stammenden Werte mit den entsprechenden Werten eines Satelliten-Navigationssystems (GPS; global positioning system) korrigiert werden. Dabei werden die Unzulänglichkeiten beider Systeme gemindert. Die Korrektur der Koppelnavigationssysteme geschieht dabei anhand der externen unabhängig bestimmten Schätzwerte, die einem zentralen Optimalfilter, z. B. einem Kalman-Filter, zugeführt werden. Diesem Optimalfilter liegt ein lineares Gesamtfehlermodell zugrunde.

Nachteilig an dem bekannten Verfahren zur Korrektur der Werte der ermittelten Zustandsgrößen ist, daß alle denkbaren Korrelationen innerhalb der modellierten Fehler der Koppelnavigation und der bordeigenen Sensoren berücksichtigt werden, was einen hohen Rechenaufwand und Speicherbedarf bedingt. Da das zentralisierte Optimalfilter auf einem linearen Fehlermodell basiert, müssen die Differenzen zwischen den Parametern der Koppelnavigation und den Ergebnissen des unabhängigen Navigationssystems innerhalb des linearen Parameterraums liegen um nicht zu unsinnigen Ergebnissen zu führen. Somit ist ein hoher Aufwand bezüglich der Entwicklung und der Analyse von Steuerbarkeit, Störbarkeit, Beobachtbarkeit und Parameterfestlegung nötig. Insgesamt geht die Einrichtung des Systems mit einem hohen Testaufwand und damit hohen Kosten einher.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren bereitzustellen, das bei vergleichbarer Genauigkeit mit geringerem Rechenaufwand einhergeht und das daher zur Verringerung der Bereitstellungskosten beiträgt.

Diese Aufgaben werden durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren kalibriert die mit einem systematischen Fehler behafteten Messungen der bordeigenen für die Koppelnavigation benötigten Sensoren anhand von unabhängigen und lediglich beschränkt verfügbaren Messungen des Geschwindigkeitsvektors automatisch, genau und besonders zuverlässig. Dazu werden lediglich ein unabhängiges z. B. ein satellitengestütztes Navigationssystem, das den Geschwindigkeitsvektor im fahrzeugfesten

Koordinatensystem erfaßt, sowie ein bordeigenes Navigationssystem, das den Geschwindigkeitsvektor und die Änderung des Kurswinkels im erdbezogenen Referenzkoordinatensystem erfaßt, benötigt. Dabei weist das bordeigene Navigationssystem einen Geschwindigkeitssensor und einen Beschleunigungssensor, z. B. ein inertiales Kreiselssystem, auf.

Zudem kommt zur Durchführung des Verfahrens ein Rechenmodul zum Einsatz, das die Meßsignale des bordeigenen Geschwindigkeitssensors und des Kurskreiselssystems liest und skaliert, sowie deren Fehlerkorrektur anhand eines Fehlermodells für den jeweiligen Sensor berechnet. Das Rechenmodul übernimmt zudem die fortlaufende Integration des Kurswinkels und führt die Mechanisierungsgleichungen der Koppelortung durch. Dem Rechenmodul werden außerdem die von dem autonomen Navigationssystem ermittelten Werte für die Systemgrößen zugeführt. Das Rechenmodul übernimmt anhand von Filtermodulen (Optimalfiltern) Korrekturen für die Parameter der Fehlermodelle für das bordeigene Koppelnavigationssystem und stabilisiert den Kurswinkel.

Besonders vorteilhaft an dem erfindungsgemäßen Verfahren ist, daß es kein zentralisiertes Optimalfilter benötigt, das alle bestehenden und miteinander korrelierten Systemzustände des Koppelnavigationssystems berücksichtigen muß, sondern daß durch die dezentrale Architektur der Filtermodule weniger relevante Abhängigkeiten zwischen den Zustandsgrößen für die Berechnung ausgeschlossen werden können. Damit ist gegenüber der zentralisierten Architektur ein signifikant kleinerer Rechenaufwand und Speicherbedarf nötig, so daß das Verfahren von vergleichsweise kleineren und preisgünstigen Rechenmodulen bewerkstelligt werden kann. Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitende Navigationssystem ist zudem robust gegenüber Systemstörungen und Parameteränderungen, da es die Störungen schneller erfaßt als ein zentrales Filter.

Da bei der Berechnung von Zustandsgrößen nur auf die zu vernachlässigenden Korrelationen zwischen den Zustandsgrößen verzichtet wird, geht die erfindungsgemäße dezentrale Architektur der Filter lediglich mit einer unbedeutenden Einbuße an Genauigkeit einher. Wegen der geringeren Störanfälligkeit erfordert das erfindungsgemäße Verfahren außerdem einen wesentlich geringeren Analyse-, Synthese- und Testaufwand.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist ein Filtermodul für die Kalibration des bordautonomen Geschwindigkeitssensors, eines für die Korrektur des inertialen Kurskreiselssystems und eines für die Korrektur des gekoppelten Ortes vorgesehen. Durch die Dezentralisierung der Filtermodule vergrößert sich die Toleranz und damit der Arbeitsbereich des Navigationssystems. Es kalibriert sich trotz der Eingabe ungenauer Startparameter selber und ermöglicht damit den Einsatz einfacher und weniger genauer Komponenten insbesondere billigerer Kreisel.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich für beliebige Zwecke einsetzen. Da es sich durch große Robustheit und Zuverlässigkeit auszeichnet, ist das erfindungsgemäße Verfahren besonders geeignet für den Einsatz in gestützten Koppelnavigationssystemen von Landfahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen. In jedem Einsatzgebiet liefert es besonders genaue Schätzergebnisse der Systemzustände. Es ist auch vorteilhaft, daß die Kalibration der bordautonomen Sensoren anhand von dezentralisierten, den Sensoren extra zugewiesenen Optimalfiltern fortlaufend erfolgt. Zur Durchführung des Verfahrens werden keine Vorkenntnisse über Nährungswerte der Kalibrationsparameter benötigt. Wegen der ständigen Korrektur können vergleichsweise billige und

einfache auf dem Markt erhältliche Sensoren verwendet werden.

In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel werden für das Kurskreiselssystem einfache Kreisel und Beschleunigungsmesser verwendet, welche die inertialen Drehdaten und spezifischen Kräfte um bzw. entlang der Koordinatenachsen des fahrzeugfesten oder eines Referenzkoordinatensystems messen. Das Verfahren läßt sich jedoch auch mit beliebigen Kurskreiselssystemen durchführen. So ist es möglich, drei orthogonal angeordnete Kreisel und Beschleunigungsmesser fahrzeugfest montiert ("Strapdown-System") oder auf einer Plattform raumfest stabilisiert ("Plattformsystem") zu verwenden. Weiterhin ist es denkbar, daß ein Kreisel und zwei Beschleunigungsmesser fahrzeugfest montiert mit Meßachsen um die Fahrzeughochachse bzw. entlang der Fahrzeuglängs- und Fahrzeugquerachse oder ein fahrzeugfest montierter Kreisel mit der Meßachse um die Hochachse und mit a priori Kenntnissen über die im Mittel während der Mission auftretenden Lagewinkel eingesetzt wird. Als alternative Ausführungsform kann ein pendelnd aufgehängter Kurskreisel mit der Meßachse um die lokale Lotlinie entweder mit elektrischen, optischen oder mechanischen (Beschleunigungsmesser) Vorrichtungen zur Bestimmung der Lagewinkel oder mit a priori-Kenntnissen über die im Mittel während der Mission auftretenden Lagewinkel eingesetzt werden.

Als Geschwindigkeitssensor kann ein Radsensor (Odometer) eingesetzt werden. Je nach den im Fahrzeug vorliegenden Bedingungen können auch ein-, zwei- oder dreiachsig nach dem Dopplerprinzip arbeitende Geschwindigkeitssensoren zum Einsatz kommen. Ebenso können Sensoren benutzt werden, welche die Geschwindigkeit relativ zur Luftströmung ("True Airspeed Sensor") oder relativ zur Wasserströmung (Logge) messen. Bei solchen Sensoren können eventuell fehlende Meßachsen durch a priori Kenntnisse über die im Mittel während der Fahrt auftretenden Signale ersetzt werden.

Für das unabhängige Navigationssystem neben dem erwähnten "Global Positioning System" als satellitengestütztem System auch Geräte zur terrestrischen Funknavigation; Systeme, die auf Daten von Karten zugreifen oder eine Kombination dieser Systeme verwendet werden.

Im folgenden wird das Verfahren anhand der Fig. 1 und 2 erklärt. Dabei zeigen

Fig. 1 die dezentralisierte Architektur eines gestützten Koppelnavigationssystems und

Fig. 2 ein kalibriertes Koppelnavigationssystem.

In Fig. 1 ist der erfindungsgemäße Verfahrensablauf in einem Schaubild dargestellt. Es handelt sich bei dieser besonderen Ausführungsform um ein Verfahren zur Berechnung der drei Systemgrößen Ort, Kurswinkel und Geschwindigkeit eines Fahrzeuges. Dazu wird ein unabhängiges Navigationssystem 1, in diesem Falle ein "Global Positioning System", das als unabhängiger Orts-(Positions-) und Geschwindigkeitssensor die Systemgrößen im Referenzkoordinatensystem, d. h. relativ zur Umgebung mißt. Zudem ist in Fig. 1 ein bordeigenes Navigationssystem, das einen bordeigenen Geschwindigkeitssensor 2 und einen bordeigenen Beschleunigungssensor 3, in diesem Fall ein inertiales Kreiselssystem, aufweist. Mit dem unabhängigen Navigationssystem 1 wird das bordeigene Navigationssystem unterstützt. Aus den von beiden Systemen ausgegebenen Werten wird dann der Zustandsvektor des Fahrzeuges als optimaler Schätzwert ermittelt.

Wie in Fig. 1 dargestellt, werden die Meßsignale des inertialen Kreiselystems 3 einem Algorithmus 4 zugeführt, mit dem die Meßwerte so skaliert und anhand eines Fehlermodells für das Kreiselssystem verbessert werden, daß Zahlen-

werte für die Kurswinkeländerung und die Lagewinkel als Ausgangsgrößen vorliegen. In Abhängigkeit der Ausführungsform des Kurskreiselssystems 3 nutzt der Algorithmus 4 die über den Eingang 5 rückgeführten Parameter Ort, Geschwindigkeitsvektor und Kurswinkel. Die ermittelten Änderungen des Kurswinkels werden einem Integrator 6 zugeführt, der die Integration der Änderungen zum aktuellen Kurswinkel aufsummiert.

Die Meßsignale des bordeigenen Geschwindigkeitssensors 2 werden einem Algorithmus 8 zugeführt, der die Meßwerte skaliert und anhand eines Fehlermodells für den Geschwindigkeitssensor 2 verbessert, so daß Zahlenwerte für den Geschwindigkeitsvektor im fahrzeugfesten Koordinatensystem vorliegen. Als Geschwindigkeitssensor 2 kann ein Radsensor (Odometer) eingesetzt werden, der entlang der Fahrzeuglängsachse ein zur momentanen Geschwindigkeit proportionales integriertes Meßsignal liefert und a priori Kenntnisse über die im Mittel während der Fahrt auftretenden Signale entlang der Fahrzeugquer- und Fahrzeughochachse enthält.

Die vom Algorithmus 8 skalierten Meßsignale, die einen Geschwindigkeitsvektor im fahrzeugfesten Koordinatensystem bilden, werden in einem weiteren Verfahrensschritt einem Block von Mechanisierungsgleichungen 9 der Koppelortung zugeführt. Die Mechanisierungsgleichungen 9 berechnen den gekoppelten Ort und den Geschwindigkeitsvektor im Referenzkoordinatensystem unter Einbeziehung des integrierten Kurswinkels 10 und des Geschwindigkeitsvektors 11 und des Lagewinkels 7.

Dem Algorithmus 8 werden zur Kalibrierung des bordeigenen Geschwindigkeitssensors von einem dezentralisierten Filtermodul 12 (Optimalfilter) Korrekturen für die Parameter seines Fehlermodells zugeführt 13. Aufgabe des Filtermoduls 12 ist die Korrekturen zu berechnen und bereitzustellen. Dazu erhält das Filtermodul den von den Mechanisierungsgleichungen 9 der Koppelortung berechneten Geschwindigkeitsvektor im Referenzkoordinatensystem 14 und die vom unabhängigen Navigationssystem 1 ermittelten horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitskomponenten 15.

Der Algorithmus 4 bekommt für die Kalibrierung des inertialen Kurskreiselssystems Korrekturen 16 für die Parameter seines Fehlermodells. Diese Korrekturen werden von einem zweiten dezentralen Filtermodul 17 (Optimalfilter) ermittelt, dessen Aufgabe die Berechnung und Bereitstellung dieser Korrekturen ist. Als Eingangsgröße erhält das Filtermodul 17 den im Integrator 6 berechneten Kurswinkel 10 und die vom unabhängigen Navigationssystem 1 ermittelten Kurs- und Spurwinkel 19. Das Filtermodul 17 gibt dem Integrator eine Kurswinkelkorrektur 23 zurück.

Neben der Kalibrierung des bordeigenen Kurskreiselssystems 3 und des Geschwindigkeitssensors 2 ermöglicht der vom unabhängigen Navigationssystem 1 bestimmten Ort auch eine Unterstützung 20 der Berechnung des Ortes durch das bordeigene Navigationssystem. Dazu wird ein drittes Filtermodul 21 zu Positionsstützung bereitgestellt, das den vom unabhängigen Navigationssystem 1 bestimmten Ort und mit dem von den Mechanisierungsgleichungen 9 berechneten Ort 18 vergleicht. In Abhängigkeit von der Differenz dieser Größen ermittelt das Filtermodul 21 Ortskorrekturen 22, die den Mechanisierungsgleichungen 9 zur Korrektur des Ortes zugeführt werden.

Wie dargelegt, werden die von beiden Navigationssystemen 1 und 2 ermittelten Systemgrößen in drei Vektoren (Geschwindigkeit 24, integrierte Position 25 und integrierter Kurswinkel 26) getrennt, und jeder Vektor wird einem eigenen Filtermodul zugeführt.

Mit dem vorbeschriebenen Verfahren wird ein kalibriertes

Koppelnavigationssystem geschaffen, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Dieses enthält den Algorithmus 4a zur Skalierung der Meßwerte und zur Fehlerkorrektur anhand eines verbesserten Fehlermodells für das Kurskreiselssystem sowie den Algorithmus 8a zur Skalierung der Meßwerte und zur Fehlerkorrektur anhand eines verbesserten Fehlermodells für den bordeigenen Geschwindigkeitssensor. Der Algorithmus 4a ermittelt genaue Kurswinkeländerungen, die es dem Integrator 6 ermöglichen, den Mechanisierungsgleichungen 9 genaue integrierte Kurswinkel zuzuführen.

Zusammen mit den Lagewinkeln und den vom Algorithmus 8a ausgegebenen genauen Geschwindigkeitsvektoren im fahrzeugfesten Koordinatensystem berechnen die Mechanisierungsgleichungen 9 genaue Geschwindigkeitsvektoren im Referenzkoordinatensystem sowie den Ort, der dem vom unabhängigen Navigationssystem 1 ermittelten Ort angenähert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Berechnung der Systemgrößen Ort, Kurswinkel und Geschwindigkeit eines Fahrzeuges mittels eines unabhängigen Navigationssystems sowie eines bordeigenen Navigationssystems, wobei das bordeigene Navigationssystem einen Geschwindigkeitssensor und einen Beschleunigungssensor, insbesondere ein inertiales Kreiselssystem, aufweist und wobei die von beiden Navigationssystemen ermittelten Systemgrößen einem Filtermodul zugeführt werden, das Korrekturwerte für die Systemgrößen und Korrekturwerte für die Parameter der Fehlermodelle des bordeigenen Navigationssystems ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die von beiden Navigationssystemen (1, 2, 3) ermittelten Systemgrößen in mindestens zwei Vektoren getrennt werden und jeder Vektor einem eigenen Filtermodul (12, 17, 21) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das bordeigene Navigationssystem (2) den Geschwindigkeitsvektor im Referenzkoordinatensystem ermittelt und dieser zusammen mit den vom unabhängigen Navigationssystem (1) ermittelten Geschwindigkeitskomponenten einem ersten Filtermodul (12) zur Kalibration des bordautonomen Geschwindigkeitssensors zugeführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Filtermodul (12) Korrekturen für die Parameter des Fehlermodells des bordeigenen Geschwindigkeitssensors bereitstellt.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das bordeigene Navigationssystem (3) den integrierten Kurswinkel im Referenzkoordinatensystem ermittelt und dieser zusammen mit den vom unabhängigen Navigationssystem (1) ermittelten Kurswinkel einem zweiten Filtermodul (17) zur Kalibration des bordautonomen Beschleunigungssensors zugeführt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Filtermodul (17) Korrekturen für die Parameter des Fehlermodells des bordeigenen Beschleunigungssensors bereitstellt.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das bordeigene Navigationssystem den integrierten Ort im Referenzkoordinatensystem ermittelt und dieser zusammen mit den vom unabhängigen Navigationssystem ermittelten Ort einem dritten Filtermodul (21) zur Korrektur der Ortskoordinaten zugeführt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,

net, daß das dritte Filtermodul (21) Korrekturen zur Berechnung des Ortes bereitstellt.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibration der bordeigenen Sensoren fortlaufend erfolgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

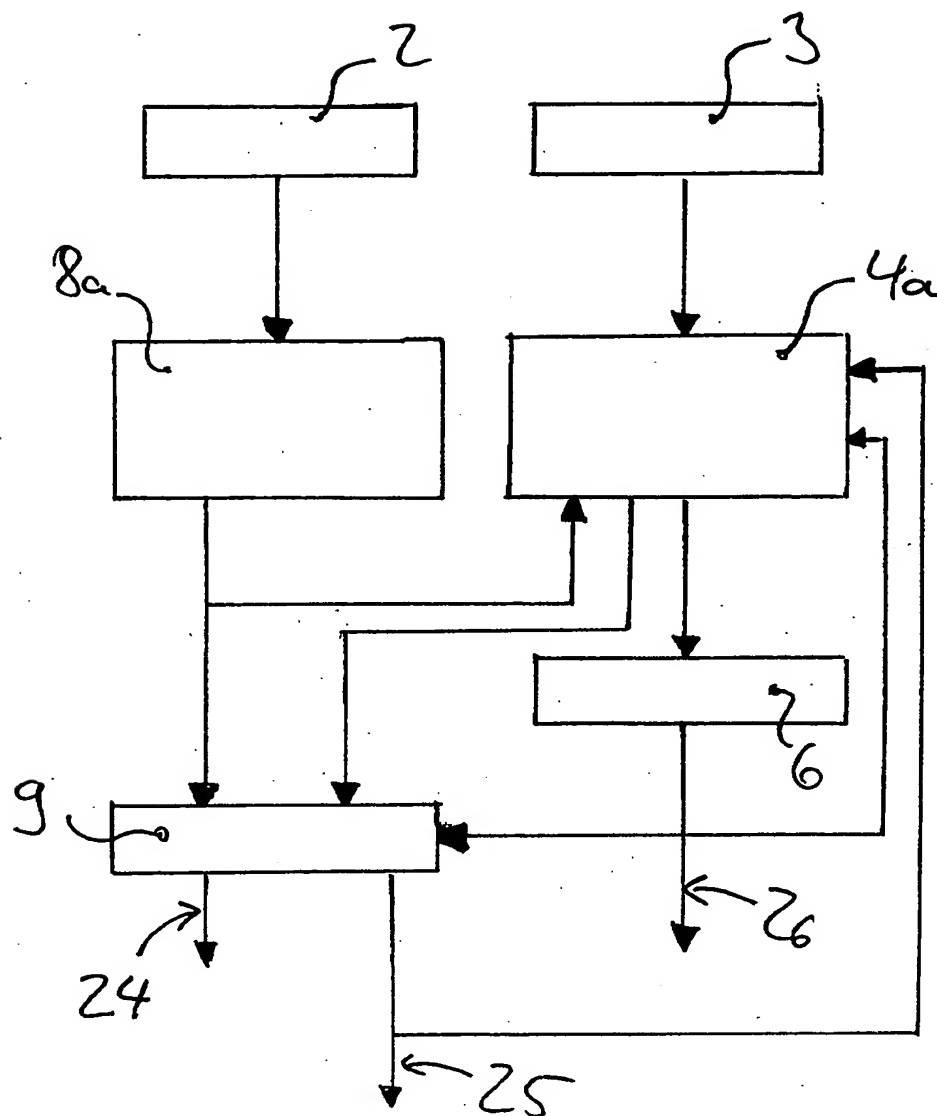


Fig. 2

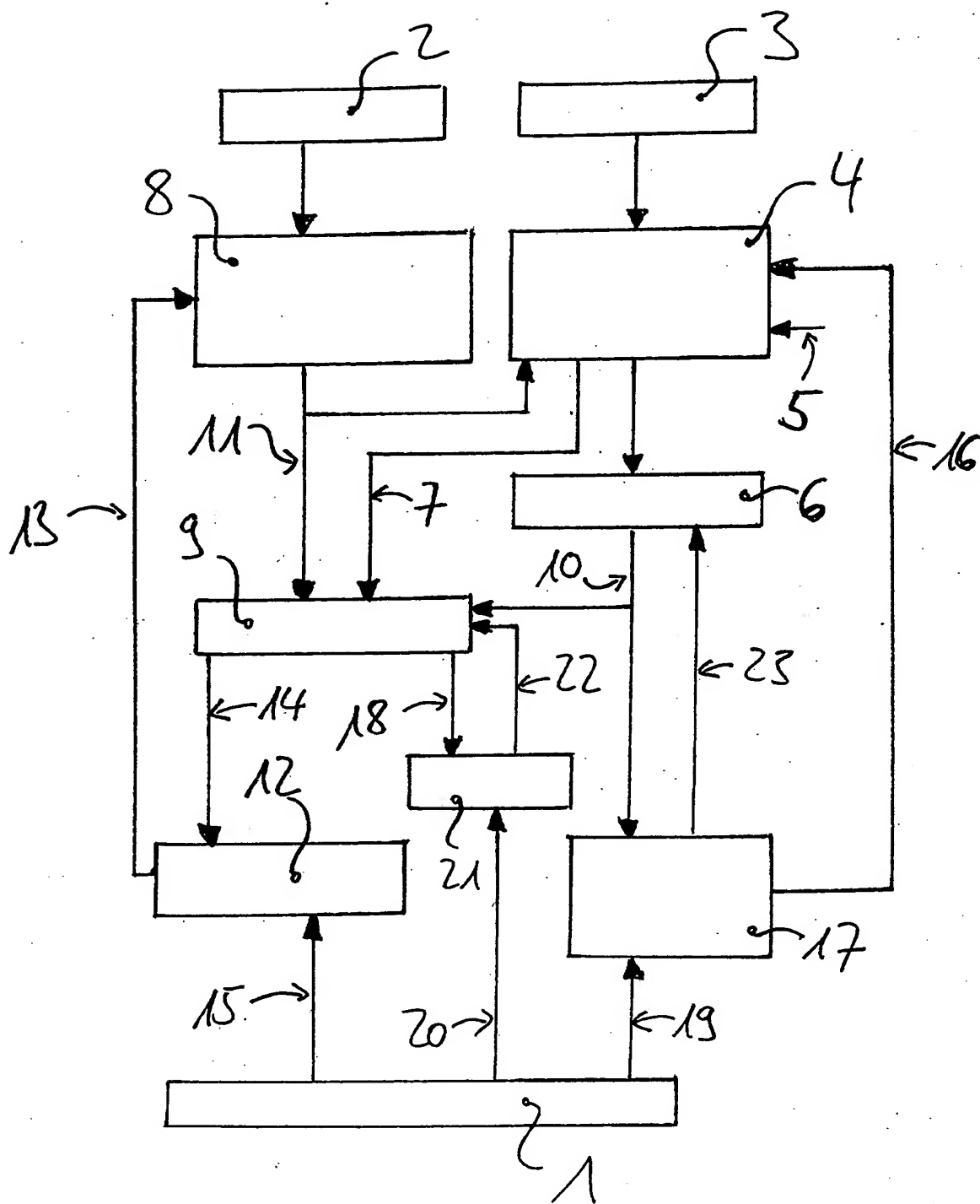


Fig. 1